

⑯ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑯ **Patentschrift**  
⑯ **DE 2933932 C2**

⑯ Int. Cl. 3:  
**F22B 1/00**  
F 22 B 1/14  
F 22 B 27/00  
F 22 G 1/12

Patent DE 2933932 C2

⑯ Aktenzeichen: P 29 33 932.0-13  
⑯ Anmeldetag: 22. 8. 79  
⑯ Offenlegungstag: 12. 3. 81  
⑯ Veröffentlichungstag: 9. 12. 82

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

⑯ Patentinhaber:

Deutsche Forschungs- und Versuchsanstalt für Luft- und  
Raumfahrt e.V., 5300 Bonn, DE

⑯ Erfinder:

Sternfeld, Hans, Dr.-Ing., 7111 Friedrichsruhe, DE;  
Reinkenhof, Josef, Ing.(grad.), 7100 Heilbronn, DE;  
Lambrecht, Heinrich, Dipl.-Ing., 7106 Neuenstadt, DE

⑯ Entgegenhaltungen:

DE-OS	25 38 555
DE-GM	19 37 331
FR	6 62 772
GB	2 25 722
GB	1 29 806
US	30 74 708

⑯ Dampferzeuger

**DE 2933932 C2**

**DE 2933932 C2**

## Patentansprüche:

1. Dampferzeuger zur Erzeugung von Wasserdampf, bei dem Wasserstoffgas und Sauerstoffgas durch einen Einspritzkopf in eine Brennkammer eingeleitet und verbrannt werden, und bei dem innerhalb der Brennkammer in einer senkrecht zur Brennkammerlängsachse verlaufenden Ebene mindestens ein auf der dem Einspritzkopf abgewandten Seite mit Wasseraustrittsöffnungen versehenes Wasser-Einspritzrohr angeordnet ist, dadurch gekennzeichnet, daß das Einspritzrohr (100) in seinem Inneren durch eine Längswand (101) in einen dem Einspritzkopf (93) der Brennkammer (91) zugewandten ersten Teilraum (102) und in einen dem Einspritzkopf (93) abgewandten zweiten Teilraum (103) unterteilt ist, daß der erste Teilraum (102) mit einer Kühlwasserzufuhr (98, 99) und einer Kühlwasserableitung (104) zum Durchleiten von Kühlwasser verbunden ist, und daß der zweite Teilraum (103) mit einer Wasserzuleitung (106) und mit den Wasseraustrittsöffnungen (108) versehen ist (Fig. 1 und 2).

2. Dampferzeuger nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der zweite Teilraum (103) über eine verschließbare Leitung (106) mit der Kühlwasserableitung (104) des ersten Teilraumes (102) in Verbindung steht (Fig. 1).

3. Dampferzeuger nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der erste Teilraum (102) mit einem Ringkanal (97) in der Brennkammerwand in Verbindung steht, durch den das Kühlwasser dem ersten Teilraum (102) zugeführt wird (Fig. 2).

4. Dampferzeuger nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß mehrere Wasser-Einspritzrohre (110, 111; 120, 121, 122; 130) zu einem Rohrgitter zusammengesetzt sind, das zwischen den einzelnen Rohrgitterstücken Platz für den Durchtritt der Verbrennungsgase bietet (Fig. 3 bis 5).

5. Dampferzeuger nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß das Rohrgitter aus zwei sich unter einem beliebigen Winkel kreuzenden Rohren (110, 111) besteht (Fig. 3).

6. Dampferzeuger nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß das Rohrgitter aus mehreren, in der Brennkammermitte zentripetal zusammenlaufenden und jeweils in einem gleichen Winkel zueinander angeordneten Rohrgitterstücken (120, 121, 122) besteht (Fig. 4).

7. Dampferzeuger nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß das Rohrgitter aus parallelen Rohren (130) besteht, die von weiteren parallelen Rohren (130) senkrecht geschnitten werden (Fig. 5).

8. Dampferzeuger zur Erzeugung von Wasserdampf, bei dem Wasserstoffgas und Sauerstoffgas durch einen Einspritzkopf in eine Brennkammer eingeleitet und verbrannt werden, und bei dem sich in der die Brennkammer umgebenden Wand in zwei in Gasströmungsrichtung im Abstand angeordneten, senkrecht zur Gasströmungsrichtung liegenden Einlaßebenen mehrere Einspritzkanäle für Wasser befinden, dadurch gekennzeichnet, daß die Einspritzkanäle (26 bzw. 27) einer Einlaßebene zu den Einspritzkanälen (27 bzw. 26) der anderen Einlaßebene hin geneigt sind, wodurch die austretenden Wasserstrahlen in einer zwischen den beiden Einlaßebenen liegenden Parallebene aufeinandertreffen und einen im wesentlichen senkrecht zur Gasströmungsrichtung ausgedehnten Wasserschleier erzeugen (Fig. 6 und 7).

9. Dampferzeuger nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß der Abstand zweier benachbarter Einlaßebenen im Vergleich zur Länge der Brennkammer (1) gering ist (Fig. 6).

10. Dampferzeuger nach Anspruch 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, daß längs der Brennkammer (1) mehrere Einlaßebenenpaare vorgesehen sind (Fig. 6).

11. Dampferzeuger nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß der Abstand zwischen verschiedenen Einlaßebenenpaaren mit der Entfernung vom Einspritzkopf (3) zunimmt (Fig. 6).

12. Dampferzeuger nach einem der Ansprüche 8 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß in der Wand (2) der Brennkammer (1) ein mit einer Wasserzufuhr (20) verbundener Ringkanal (25) angeordnet ist, der mit allen Einspritzkanälen (26, 27) eines Einlaßebenenpaars in Verbindung steht (Fig. 6 und 7).

Die Erfindung betrifft Dampferzeuger, wie sie in den Oberbegriffen der Ansprüche 1 und 8 beschrieben sind.

Es ist bei derartigen Dampferzeugern bereits bekannt, in die heißen Brenngase Wasser aus Rohrleitungen einzuspritzen, die in einer senkrecht zur Strömungsrichtung angeordneten Ebene verlaufen und Wasseraustrittsöffnungen aufweisen (FR-PS 6 62 772, GB-PS 2 25 722) bzw. Wasser aus Einspritzkanälen einzuspritzen, die in senkrecht zur Gasströmung in der Brennkammerwand liegenden Einlaßebenen liegen (DE-GM 19 37 331).

Der Wirkungsgrad derartiger Anordnungen ist naturgemäß dann besonders hoch, wenn es gelingt, einen möglichst gleichmäßigen Kontakt des eingespritzten Wassers mit den heißen Brenngasen zu erhalten, da dann die Verdampfungsrate optimal wird. Dabei ergeben sich jedoch Schwierigkeiten, wenn die Verbrennungsgase eine besonders hohe Temperatur haben, denn über den Querschnitt der Brenngase angeordnete Wassereinspritzrohre werden durch Verbrennungsgase hoher Temperatur zu sehr aufgeheizt.

Es ist Aufgabe der Erfindung, bei Verdampfern mit sehr hohen Verbrennungsgastemperaturen das Einspritzen von Wasser in die Brennkammer zum Zweck einer optimalen Ausnutzung der Brennenergie zur Dampferzeugung über den gesamten Querschnitt der Brennkammer möglichst gleichmäßig zu gestalten.

Diese Aufgabe wird bei einem Dampferzeuger der im Oberbegriff des Anspruchs 1 genannten Art durch die kennzeichnenden Merkmale des Anspruchs 1 gelöst.

Gemäß einer anderen Lösungsmöglichkeit, wird diese Aufgabe bei einem Dampferzeuger der im Oberbegriff des Anspruchs 8 genannten Art erfindungsgemäß durch die kennzeichnenden Merkmale des Anspruchs 8 gelöst.

Die Konstruktion nach Anspruch 1, ermöglicht es, insbesondere bei hohen Drücken im Brennraum, Wasser über den gesamten Durchmesser der Brennkammer in die Verbrennungsgase einzuleiten, wobei dafür Sorge getragen ist, daß aufgrund der Durchleitung des Kühlwassers auf der dem Einspritzkopf zugewandten Seite das in die Brennkammer hineinragende Rohr ausreichend gekühlt ist.

Vorteilhaft ist es, wenn der zweite Teilraum über eine verschließbare Leitung mit der Kühlwasserableitung

des ersten Teilraumes in Verbindung steht. Dann kann das zur Kühlung des Rohres benutzte, dadurch vorgewärmte Wasser als Einspritzwasser benutzt werden.

Bei einer Weiterentwicklung kann darüber hinaus vorgesehen sein, daß mehrere Wassereinspritzrohre zu einem Rohrgitter zusammengesetzt sind, das zwischen den einzelnen Rohrgitterstücken Platz für den Durchtritt der Verbrennungsgase bietet. Beispielsweise kann das Rohrgitter zwei sich kreuzende Rohre oder drei in der Brennkammermitte zusammenstehende, jeweils um 120° gegeneinander versetzte Rohrstücke aufweisen. Es ist auch möglich, daß das Rohrgitter aus parallelen Rohren besteht, die von weiteren parallelen Rohren senkrecht geschnitten werden.

Bei der Lösung gemäß Anspruch 8 ergeben sich auch keine Kühlprobleme, da ein Wasserschleier aufgebaut wird, der aus der Umfangswand der Brennkammer abgegeben wird. Wesentlich ist dabei, daß der Wasserschleier aus zwei schräg aufeinandertreffenden Wasserstrahlengrenzen gebildet wird, so daß durch das Aufeinanderprallen der schräg zueinander gerichteten Strahlen ein stabiler Schleier entsteht.

Vorteilhaft ist es dabei, wenn der Abstand benachbarter Einlaßebenen im Vergleich zur Länge der Brennkammer gering ist.

Vorzugsweise sind längs der Brennkammer mehrere Einlaßebenenpaare vorgesehen. Der Abstand zwischen verschiedenen Einlaßebenenpaaren kann mit der Entfernung vom Einspritzkopf zunehmen.

Vorzugsweise ist in der Wand der Brennkammer ein mit einer Wasserzufuhr verbundener Ringkanal angeordnet, der mit allen Einspritzkanälen eines Einlaßebenenpaares in Verbindung steht.

Die nachstehende Beschreibung bevorzugter Ausführungsbeispiele der Erfindung dient im Zusammenhang mit der Zeichnung der näheren Erläuterung. Es zeigt

Fig. 1 eine schematische Schnittansicht eines Dampferzeugers mit einem die Brennkammer durchsetzenden Einspritzrohr für Wasser;

Fig. 2 eine Schnittansicht längs Linie 2-2 in Fig. 1;

Fig. 3 einen Ausschnitt aus einem bevorzugten Ausführungsbeispiel eines Einspritzrohrsystems;

Fig. 4 eine Ansicht ähnlich Fig. 3 eines weiteren bevorzugten Ausführungsbeispiels eines Einspritzrohrsystems;

Fig. 5 eine Ansicht ähnlich Fig. 4 eines weiteren bevorzugten Ausführungsbeispiels eines Einspritzrohrsystems;

Fig. 6 eine schematische Schnittansicht eines weiteren erfindungsgemäßen Dampferzeugers, und

Fig. 7 eine vergrößerte Teilansicht des in Fig. 6 mit A bezeichneten Bereiches.

In Fig. 6 ist ein Dampferzeuger gemäß der Erfindung dargestellt. Er umfaßt eine Brennkammer 1, die von einem Mantel 2 umgeben ist. Der Querschnitt der Brennkammer 1 ist vorzugsweise kreisförmig. An einem Ende wird die Brennkammer durch einen Einspritzkopf 3 geschlossen, in dem sich ein mit einer Leitung 4 in Verbindung stehender Verteilerraum 5 für Wasserstoff und ein mit einer Leitung 6 in Verbindung stehender Verteilerraum 7 für Sauerstoff befinden. Beide Verteilerräume 5 und 7 stehen über entsprechende Einlaßöffnungen mit dem Einspritzkopf 3 in Verbindung, so daß der Wasserstoff und der Sauerstoff aus den Verteilerräumen in die Brennkammer gelangen können.

Der Mantel 2 ist in dem dargestellten Ausführungsbeispiel segmentförmig aufgebaut, d. h. es schließen sich

verschiedene Segmente 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14 aneinander an. Dieser Aufbau erleichtert eine Änderung des Aufbaus des Dampferzeugers zu Versuchszwecken, ist jedoch für den Betrieb der Brennkammer nicht unbedingt notwendig, d. h. der Mantel kann beispielsweise auch einstückig ausgebildet sein.

In dem dem Einspritzkopf 3 benachbarten Segment 8 ist eine Pilotzündkammer 15 angeordnet, die mit der Brennkammer 1 in Verbindung steht und in die eine Wasserstoffzuführleitung 16 und eine Sauerstoffzuführleitung 17 einmünden. Ferner ist in der Pilotzündkammer eine Zündelektrode 18 angeordnet.

In den verschiedenen Segmenten sind Kanäle 19 vorgesehen, in die über Zuführleitungen 20 Kühlwasser eingeleitet werden kann, welches in aus der Darstellung nicht ersichtlicher Weise zumindest teilweise durch Kühlwasserabführleitungen wieder einer Kühlvorrichtung zugeführt wird. In den Segmenten 8, 10, 12 und 14 verlaufen die Kanäle 19 parallel zur Längsachse der Brennkammer dicht an der Brennkammerwand und stehen mittels eines radialen Abschnittes 21 mit Ringräumen 22 in Verbindung. Die Ringräume benachbarter Segmente 8 und 9, 10 und 11 bzw. 12 und 13 sind miteinander durch eine Verbindungsleitung 23 verbunden. Vom äußeren Ringraum 22 in den Segmenten 9, 11, 13 führt eine radiale Leitung 24 zu einem inneren Ringraum 25, der längs seines Umfangs mit einer Vielzahl von Einlaßkanälen 26, 27 mit der Brennkammer 1 in Verbindung steht. In Fig. 7 ist der Bereich des Ringraumes 25 und der Einlaßkanäle 26, 27 vergrößert dargestellt. Man erkennt, daß eine erste Gruppe von Einlaßkanälen in einer ersten, senkrecht zur Strömungsrichtung liegenden Ebene in die Brennkammer einmündet, während eine zweite Gruppe von Einlaßkanälen in einer parallel dazu verlaufenden, in Strömungsrichtung versetzten Ebene in die Brennkammer einmündet. Die Einlaßkanäle 26 der ersten Gruppe und die Einlaßkanäle 27 der zweiten Gruppe sind in ihrem Eintrittsbereich gegeneinander gerichtet, so daß die aus ihnen austretenden Wasserstrahlen sich in einer Ebene zwischen den Austrittsebenen der Einlaßkanäle 26 bzw. 27 treffen. In dieser Prallebene werden die kompakten Wasserstrahlen zu kleinen Tröpfchen zerrissen und in eine im wesentlichen radiale Richtung umgelenkt. Die längs des Umfangs der Brennkammer verteilten Einlaßkanäle führen somit dazu, daß in der Prallebene ein nach innen gerichteter Wasserschleier erzeugt wird, durch den die heißen Brenngase über den gesamten Querschnitt der Brennkammer mit flüssigem Wasser beladen werden können.

In jedem Segment 9, 11, 13 ist ein solches Wassereinlaßorgan angeordnet. Längs der Brennkammerachse können dabei die Abstände zwischen den Einlaßorganen größer werden, da die Temperatur der Verbrennungsgase durch die sukzessive Beladung mit flüssigem Wasser sinkt und da deshalb der Verdampfungsvorgang beim jeweils nächsten Wassereinlaßorgan langsamer wird.

Die Brennkammer ist in der Darstellung der Fig. 6 an ihrer Auslaßseite abgebrochen dargestellt. Hier kann die Brennkammer beispielsweise in ein Turbinengehäuse einmünden.

Für den Betrieb der in Fig. 6 dargestellten Brennkammer ist wesentlich, daß durch die beschriebene Wassereinspritzung eine gleichmäßige Beladung der Verbrennungsgase mit Wasser und damit ein guter Verdampfungsgrad erzielbar sind.

Darüber hinaus erlaubt die Pilotzündkammer 15

schonende Inbetriebnahme der Brennkammer. Man kann den Verbrennungsvorgang in dieser Pilotzündkammer mit den dort zugeführten Gasen Wasserstoff und Sauerstoff in Gang bringen und gleichzeitig die Zufuhr von Wasserstoff und Sauerstoff zur Hauptbrennkammer drosseln. Die heißen, aus der Pilotzündkammer in die Brennkammer eintretenden Verbrennungsgase entzünden die Gase in der Brennkammer, jedoch entsteht dabei kein plötzlicher Druckanstieg, der die nachgeschaltete Turbine beschädigen könnte. Sobald die Verbrennung in der Brennkammer in Gang gekommen ist, kann die Gaszufuhr in der Brennkammer auf das Normalmaß geregelt werden, so daß die Verbrennung im vollen Umfang abläuft.

Die in dem Ausführungsbeispiel der Fig. 6 dargestellte Pilotzündkammer ist in Richtung der Strömungsrichtung geneigt, d. h. ihre Längsachse schließt mit der Strömungsrichtung einen spitzen Winkel ein.

Anhand der Fig. 1 und 2 wird im folgenden ein abgeändertes System zur Einspritzung von Wasser in die Verbrennungsgase beschrieben. In Fig. 1 ist schematisch eine Brennkammer 91 mit einem Mantel 92 und einem Einspritzkopf 93 dargestellt, dem die Reaktionsgase Wasserstoff und Sauerstoff durch Leitungen 94 und 95 zugeführt werden. Ein Bereich 96 des Mantels 92 nimmt einen Ringkanal 97 auf, in den über Leitungen 98 und 99 (Fig. 2) Kühlwasser einleitbar ist. Der Ringkanal 97 steht mit einem die Brennkammer 91 diametral durchsetzenden Rohr 100 in Verbindung. Dieses Rohr ist durch eine Trennwand 101 in zwei Teilträume 102 und 103 unterteilt. Der erste Teiltrum 102 steht mit dem Ringkanal 97 in Verbindung und weist am gegenüberliegenden Ende eine Auslaßleitung 104 auf. Der andere Teiltrum 103 ist gegenüber dem Ringkanal 97 durch eine Stirnplatte 105 verschlossen und steht an seinem gegenüberliegenden Ende mit einer Leitung 106 in Verbindung. Die Auslaßleitung 104 ist mit der Leitung 106 über ein Umschaltventil 107 verbunden, durch welches die Auslaßleitung 104 wahlweise mit der Leitung 106 oder einer in der Zeichnung nicht näher dargestellten Abflußleitung verbindbar ist. Auf der dem Einspritzkopf 93 abgewandten Seite sind in der

Rohrwandung eine Vielzahl von Öffnungen 108 vorgesehen, so daß der Teilraum 103 mit der Brennkammer 91 in Verbindung steht.

Im Betrieb dient das durch die Leitung 98 und 99 in den Ringkanal 97 eintretende Kühlwasser zunächst zur Kühlung des Brennkammermantels 92 und strömt dann wegen des relativ geringen Querschnitts des Teilraumes 102 mit hoher Geschwindigkeit durch diesen hindurch. Dabei wird eine sehr effektive Kühlung des den heißen Verbrennungsgasen ausgesetzten Rohres gewährleistet. Das durch die Auslaßleitung 104 austretende Kühlwasser kann entweder vollständig zu der Abflußleitung geführt werden, es kann jedoch auch teilweise über die Leitung 106 in den Teiltrum 103 eintreten, von dem es durch die Öffnungen 108 in die Brennkammer 91 eingespritzt wird. Die Einspritzung erfolgt dabei über den gesamten Durchmesser der Brennkammer, so daß also auch Verbrennungsgase in der Nähe der Brennkammerachse mit Wasser beladen werden können.

Dieses Einspritzsystem ist vorstehend am Beispiel eines einzigen die Brennkammer diametral durchsetzenden Rohres 100 erläutert worden. Selbstverständlich ist es möglich, statt des einen Rohres 100 ein komplizierteres Rohrsystem zu verwenden. Beispiele abgewandelter Rohrsysteme sind in den Fig. 3 bis 5 schematisiert dargestellt. Im Beispiel der Fig. 3 umfaßt das Rohrsystem zwei sich kreuzende, die Brennkammer diametral durchsetzende Rohre 110 und 111, im Beispiel der Fig. 4 besteht das Rohrsystem aus drei Rohrab schnitten 120, 121, 122, die sich in der Mitte der Brennkammer treffen und gegeneinander um 120° versetzt sind. Im Ausführungsbeispiel der Fig. 5 schließlich besteht das Rohrsystem aus einer Vielzahl sich kreuzender Rohre 130, zwischen denen Zwischenräume 131 freibleiben, durch welche die Verbrennungsgase hindurchströmen können. Wesentlich ist bei allen Systemen, daß die dem Einspritzkopf zugewandte Seite des Rohrsystems vom Kühlwasser unter großer Geschwindigkeit durchflossen wird, so daß eine sehr effektive Kühlung erreicht wird. Die Einspritzung erfolgt auf der gegenüberliegenden Seite, also stromabwärts.

---

Hierzu 3 Blatt Zeichnungen

---

Fig. 2

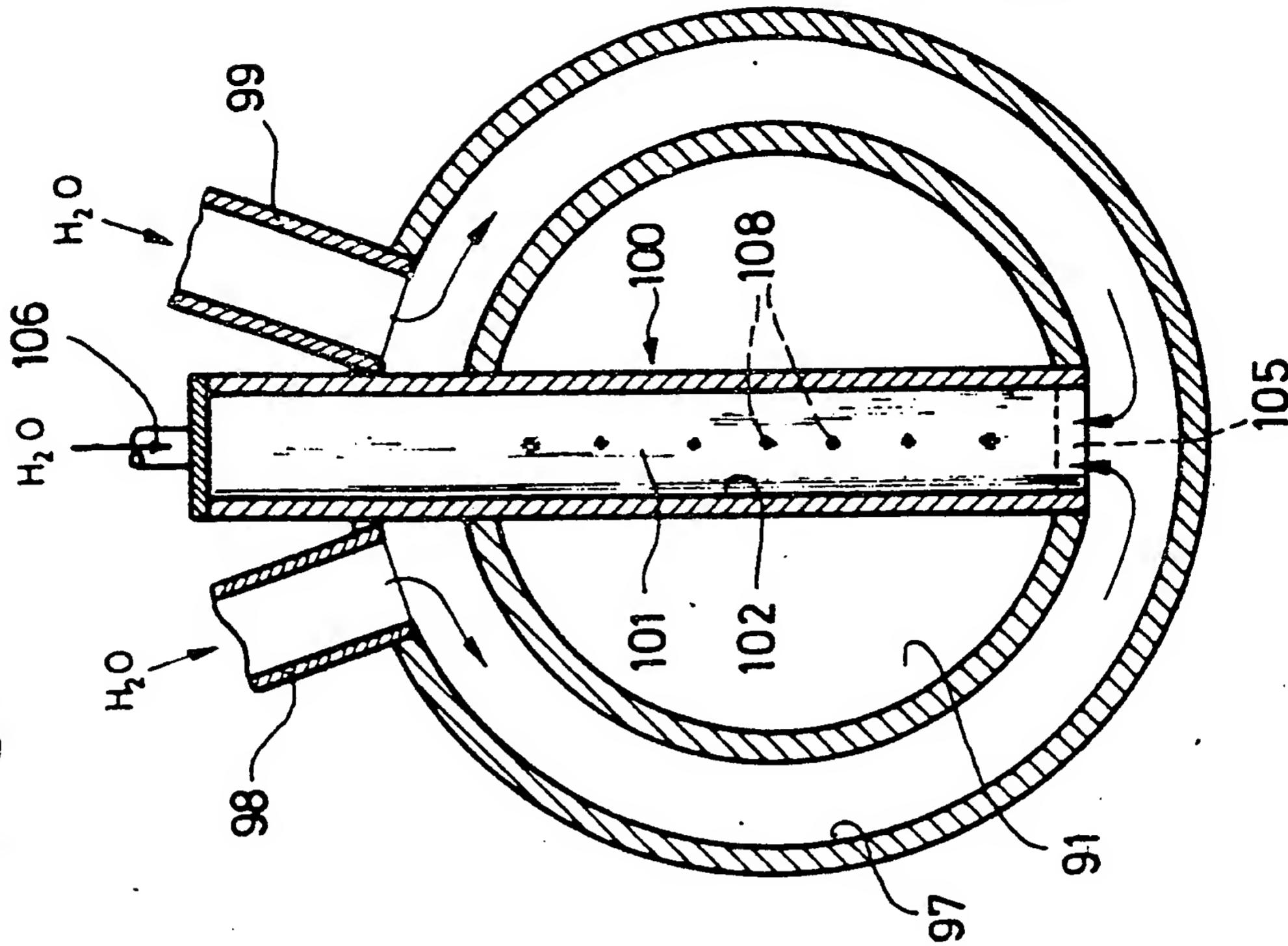


Fig. 1

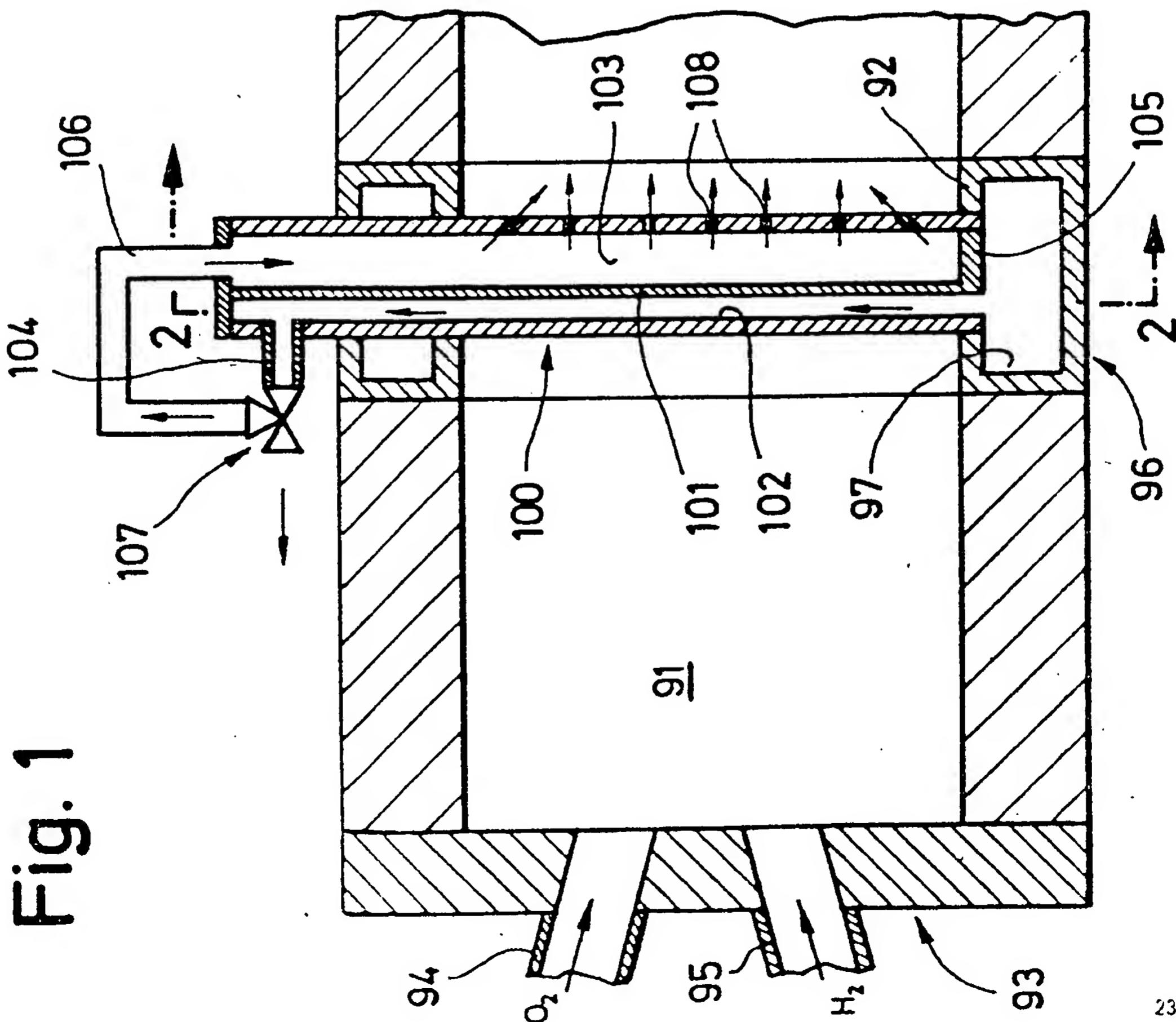


Fig. 3

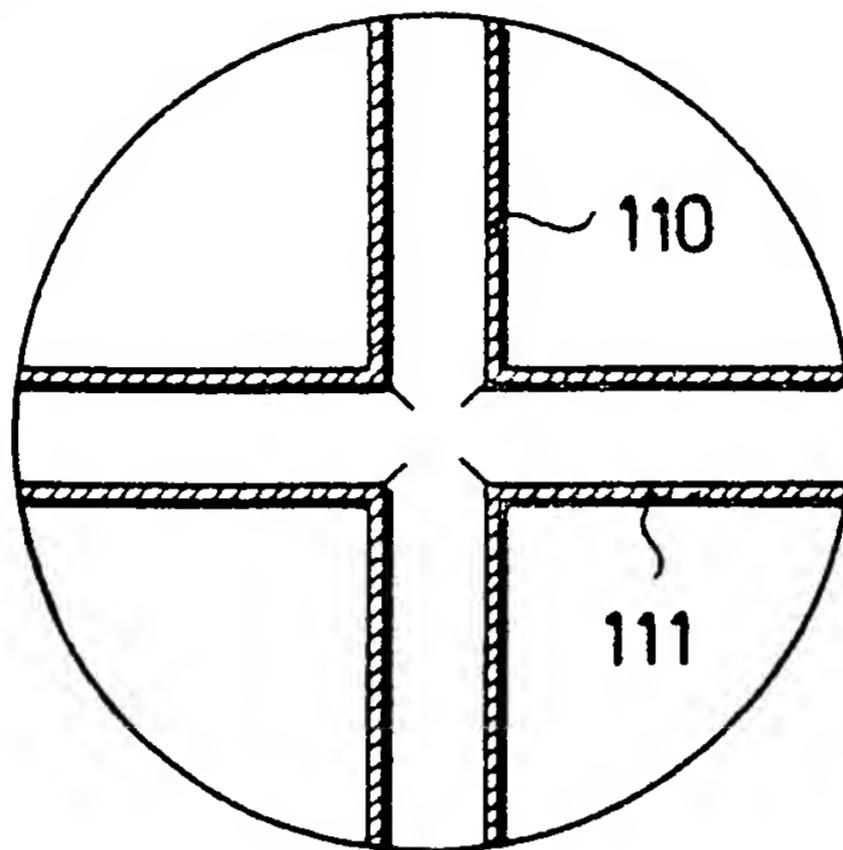


Fig. 4

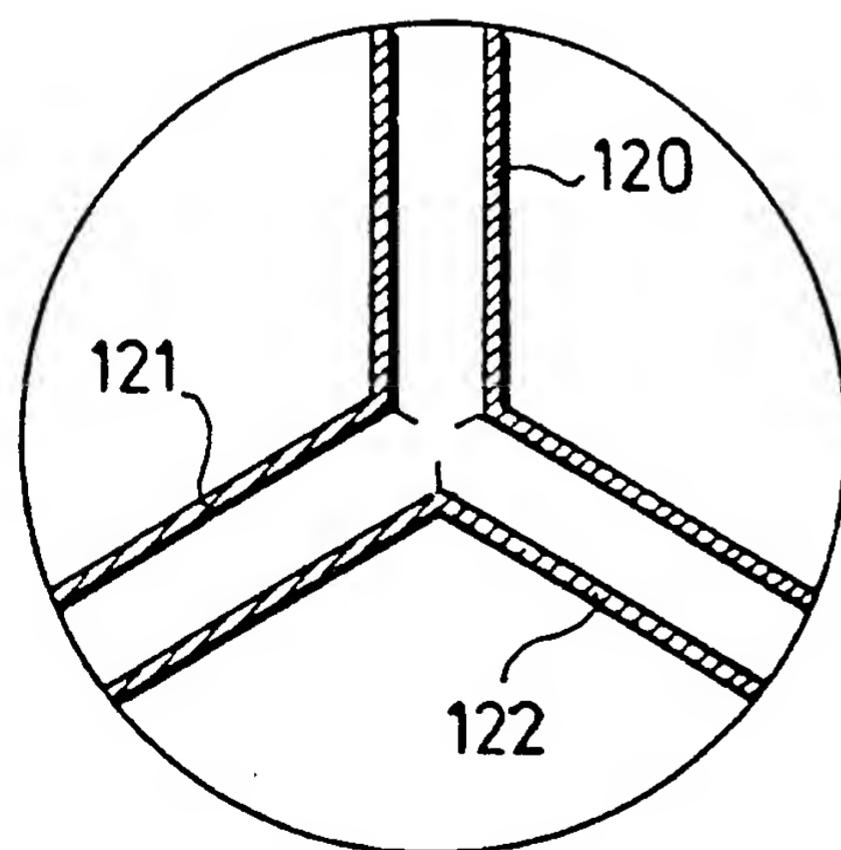


Fig. 5

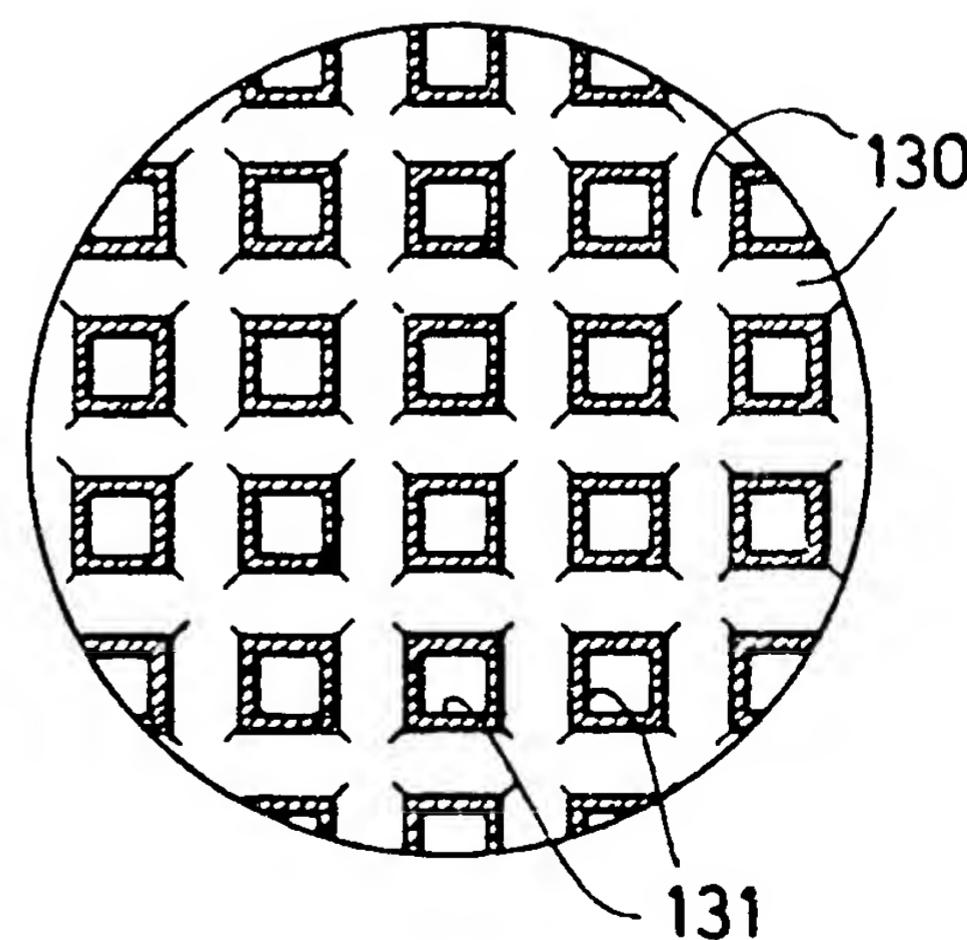


Fig. 6

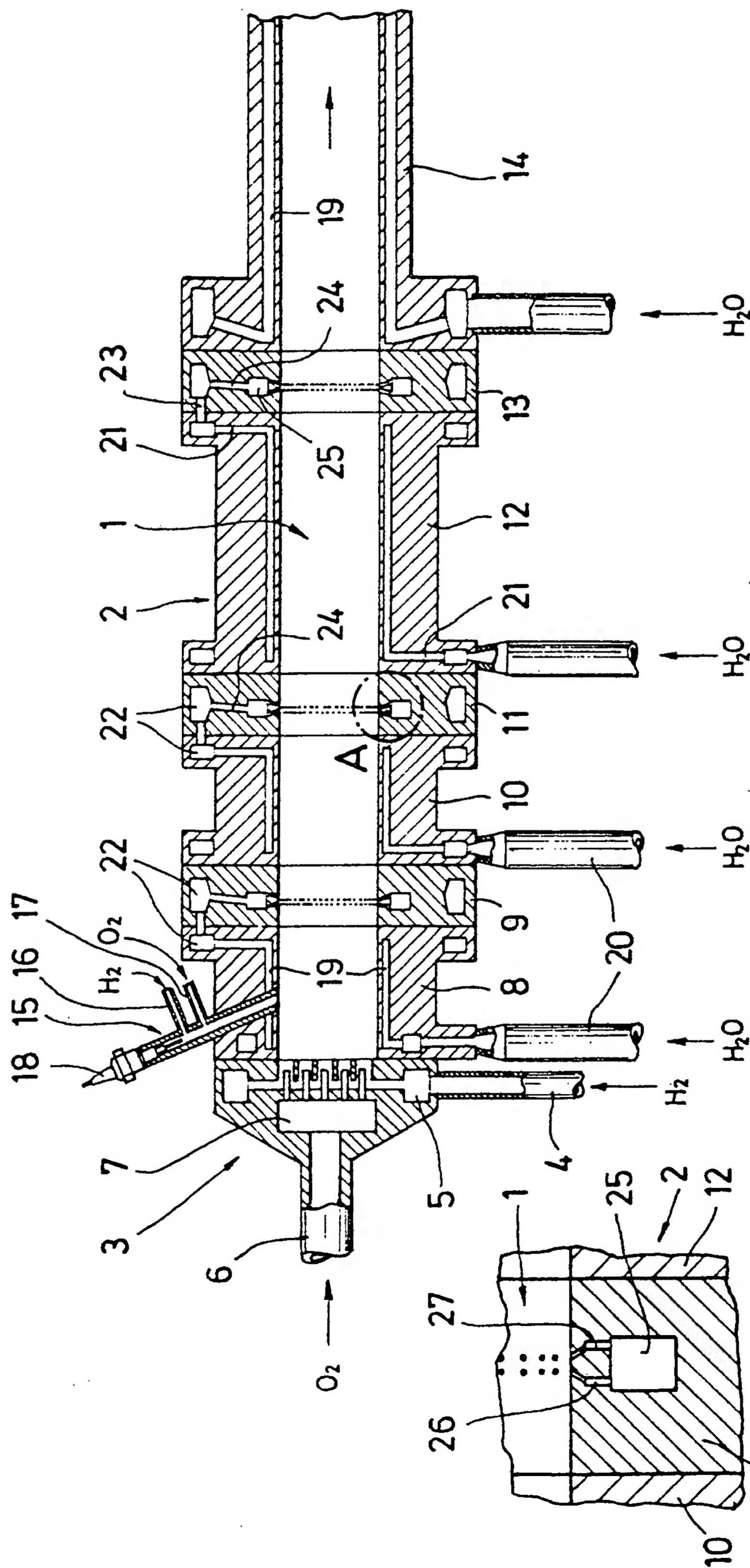


Fig. 7